

FOTOGRAFÍA: HERMINE VOGEL.



Bailahuén cultivado, de la especie *Haplopappus multifolius*.

FOTOGRAFÍA: HERMINE VOGEL.



Bailahuén, de la especie *Haplopappus taeda* en su entorno natural.

comercialmente. El crecimiento anual estaría reflejado en el porcentaje de hojas verdes. Para asegurar una recolección silvestre sustentable de la especie en cuestión, se recomienda la cosecha de sólo la mitad de los brotes verdes de cada planta. Así se permite que cada año una mitad de cada planta alcance a florecer y producir semillas.

La sobreexplotación de los recursos naturales podría mermar la rica y única diversidad genética existente en Chile, provocando una pérdida para el uso por parte de las generaciones futuras. Está demás decir que paralelamente a

la conservación de los recursos genéticos debe preservarse el conocimiento tradicional acerca de la utilización de las plantas.

El aprovechamiento medicinal de nuestra flora nativa y endémica se podrá potenciar con investigaciones científicas que permitan elaborar monografías, y así poner estos recursos al servicio de la medicina formal en Chile y en el mundo. Al mismo tiempo se requerirán estudios para garantizar la sustentabilidad de la explotación aplicando las buenas prácticas de recolección o incluso llevando a cultivo algunas de las especies. **Tz**

RECURSOS FITOGENÉTICOS PILARES DE LA INNOVACIÓN BIOTECNOLÓGICA EN CHILE

La existencia en Chile de recursos fitogenéticos únicos en el mundo ofrece una gran oportunidad si se combina con el uso de herramientas biotecnológicas. Plantas resistentes a las sequías, que incorporen elementos para prevenir enfermedades o que permitan disminuir nuestra dependencia energética son algunas de las posibilidades.

A partir de la oficialización de la Política Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología en mayo del 2004, esta disciplina ha adquirido un impulso como uno de los ejes centrales de desarrollo económico y productivo. De ser un tema del ámbito científico a comienzos de la década de los 80, en la actualidad ya está asumido a nivel político y empresarial.

La biotecnología, conjunto de aplicaciones tecnológicas que utilizan sistemas biológicos, organismos vivos y sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos en usos específicos, abre un mundo de oportunidades para la economía de nuestro país, especialmente para los sectores minero, agropecuario, silvícola y acuícola.

Se trata de una poderosa herramienta que permitirá aumentar sustancialmente la productividad, la calidad y la sustentabilidad ambiental de nuestra producción (Política Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología 2003).

Los recursos genéticos son la base de la innovación biotecnológica en Chile y en el mundo. Es la información genética contenida en plantas, animales y microorganismos que tienen un valor real o potencial para el ser humano. Su importancia radica en los potenciales productos derivados a partir de ellos, tales como cultivos, medicinas, cosméticos, productos bioindustriales, etc.

Nuestro país cuenta con una red de centros biotecnológicos de



Parte de la diversidad chilena de porotos conservada por INIA.

alto nivel para el desarrollo de los recursos genéticos. Entre las líneas de investigación en el área vegetal está el estudio en frutales de carozo y vides para mejorar la calidad y competitividad de las exportaciones, el desarrollo de variedades de trigo con altas capacidades de absorción de fósforo, y la generación de nuevas variedades de especies ornamentales nativas para la floricultura, entre otros.

Recursos únicos

Los recursos fitogenéticos chilenos están conformados por aquellas plantas silvestres, nativas y naturalizadas, y cultivos o variedades subutilizados o en desuso. Nuestro país es un centro de origen de importantes especies cultivadas, tales como la papa (*Solanum tuberosum ssp tuberosum*), el poroto (*Phaseolus vulgaris*) y el maíz (*Zea mays*). Las variedades o razas locales de otra serie de especies constituyen grupos genéticos de interés, con caracte-

terísticas ausentes en otras partes del mundo; por ejemplo, las variedades de porotos conforman un grupo único llamado "raza Chile". También se encuentran especies silvestres, que se relacionan estrechamente con especies cultivadas (tomate y frutilla, por ejemplo) que poseen características

excepcionales de resistencia y tolerancia a ataques de hongos, bacterias, nematodos, sequía, salinidad, frío, etc. El estudio de dichas características y de los genes que las regulan es la base del mejoramiento futuro de los cultivos.

Una parte de esta amplia diversi-

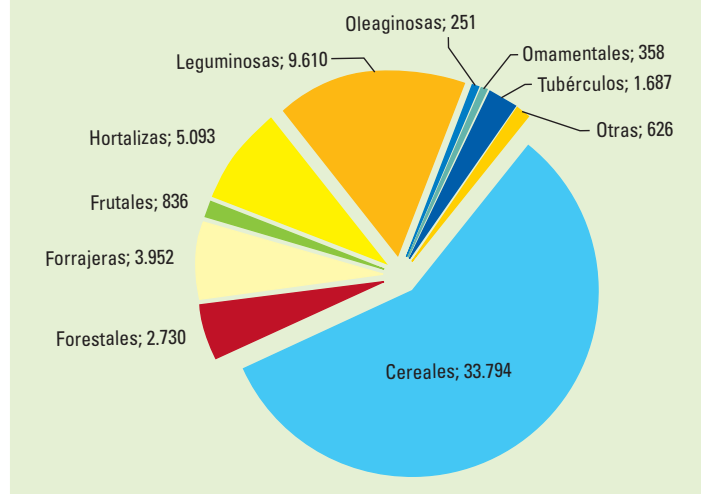
dad está siendo conservada en bancos de germoplasma nacionales (figura 1) y en algunos casos también en el extranjero. La gran mayoría de las colecciones de recursos fitogenéticos cultivados del país (92%) son conservadas por INIA.

Chile también es centro importante en recursos fitogenéticos nativos. Lo más relevante no es su cantidad, sino su carácter único. De las cerca de 5.100 especies nativas (Base de Datos Flora de Chile, 1995), 52% son endémicas: se encuentran sólo en nuestro territorio. El país posee germoplasma de alto valor estratégico en términos de competitividad y potencialidad para el desarrollo de nuevos productos. Pese a la falta de estudios etnobotánicos acabados, los antecedentes a la fecha indican que al menos un 13,5% de las plantas chilenas se usan o se han usado con fines alimenticios, ornamentales, medicinales, tintóreas, fibras, insecticidas, funguicidas, etc.

Aporte a la sustentabilidad agrícola

La sustentabilidad agrícola implica un balance entre incrementar la viabilidad económica de un cultivo y reducir sus riesgos e impactos ambientales a largo plazo. La productividad y calidad son importan-

Figura 1. Recursos genéticos agrícolas conservados en bancos de germoplasma en Chile. Total de muestras accesiones: 58.937. Modificado de Salazar y colaboradores (2006). Otras corresponden a aromáticas, medicinales e industriales.



Pedro León-Lobos

Biólogo, Ph.D.

pleon@inia.cl

INIA Intihuasi

Gerardo Tapia S.

Bioquímico, Dr.

INIA Quilamapu

Claudia Ortiz C.

Bioquímica, Dra.

USACH

tes. Sin embargo, en un escenario con mayores exigencias de los consumidores, otras características llegarán a ser igual de relevantes, como la inocuidad para el ser humano y los animales, y su efecto en el ambiente. Además de la presentación del "producto", el sabor, aroma, textura y composición química serán claves.

Los recursos genéticos tienen mucho que aportar a la sustentabilidad agrícola. En ellos están los genes para hacer plantas más productivas, tolerantes a sequía y estrés salino, resistentes a heladas, etc. La biotecnología puede seguir contribuyendo a la búsqueda, caracterización y utilización de genes o conjuntos de genes que codifican las características que se desea mejorar o incorporar en los cultivos.

La falta de agua o estrés hídrico es uno de los principales factores que afecta la productividad de los cultivos, especialmente en ambientes mediterráneos y desérticos. No obstante, una amplia diversidad de plantas nativas se encuentra adaptada a los ambientes extremadamente áridos del norte de Chile y sobreviven gracias a mecanismos de adaptación de base genética. Por ejemplo, el tomate silvestre (*Lycopersicon chilense*) tolera diversos tipos de estrés, tales como sequía, salinidad y frío, y resiste a ciertos patógenos que son un problema serio en los cultivares de tomate comercial. A partir de esta especie, la biotecnología y la ingeniería genética podrían crear variedades tolerantes a plagas y a condiciones ambientales adversas.

Programas de mejoramiento genético deberían orientarse a mantener o incrementar la productividad agrícola en el contexto del cambio climático global, que la condicionará en el futuro.

Respuesta para nuevas demandas

En los países desarrollados, donde la disponibilidad de alimentos no es problema central, existe cada vez mayor preocupación por producir, elaborar y consumir alimentos más saludables. Los "alimentos funcionales" son



Lycopersicon chilense, especie nativa emparentada al tomate cultivado.

preferidos no sólo por sus características nutricionales, sino también para cumplir una función específica como puede ser mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades. Para ello se les agregan componentes biológicamente activos, como minerales, vitaminas, ácidos grasos, fibra alimenticia o antioxidantes, extraídos principalmente de plantas. Los alimentos funcionales incluyen jugos fortificados, bebidas energéticas, alimentos para pérdida de peso o prevención de ciertas dolencias, etc.

Otros productos relacionados son los "nutraceúticos", que incluyen extractos botánicos, vitaminas, minerales, complementos deportivos y complementos alimenticios. Ejemplos son ginkgo biloba, equinacea, ajo, ginseng y la hierba de San Juan: los cinco principales complementos vendidos en los Estados Unidos.

El área de alimentos funcionales goza de una rápida tasa de crecimiento en el mercado. En 2002 llegó a 20.200 millones de dólares en EE.UU.; un 4% del valor total de la industria

de alimentos. En cuanto a los nutraceúticos, se estima que en el mercado mundial ascenderá a 9.600 millones de dólares en 2008. El potencial de nuestros recursos genéticos debería ser investigado y desarrollado en esta área.

Otro aspecto en el que se puede potenciar los recursos genéticos a través de la biotecnología corresponde a los alimentos para grupos con necesidades dietéticas específicas o problemas de salud particulares, como son los diabéticos y personas con alto riesgo de accidentes vasculares. Algunos ejemplos: alimentos con un alto contenido de ácidos grasos poli-insaturados (omega 3) que dan protección cardiovascular; alimentos enriquecidos con carotenoides para prevenir la degeneración ocular en personas de edad; alimentos con nivel reducido de compuestos alergénicos basados en plantas, y plantas con un mayor contenido de fitoquímicos capaces de reducir la incidencia de enfermedades como el cáncer. El enfoque va desde la domesticación y mejoramiento genéticos a la



búsqueda de genes e inserción funcional de ellos en cultivos.

Nuevas medicinas y compuestos bioactivos

El área general de productos biofarmacéuticos abarca fármacos, vacunas y diagnóstico para el cuidado de la salud humana y animal. El mercado global del sector asciende a 41.000 millones de dólares, pero crece a gran velocidad debido a las herramientas biotecnológicas que están transformando la industria. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), entre el 65 y el 80% de la población en países en desarrollo depende esencialmente de plantas para el cuidado de su salud primaria. Sin embargo, pocas han sido estudiadas para evaluar su calidad, seguridad y eficacia. Algo similar sucede en Chile.

Algunas universidades chilenas ha efectuado estudios químicos en plantas nativas para la búsqueda de compuestos bioactivos (Muñoz, 1992). A su vez, dos importantes bioprospec-

ciones se han realizado en el país. Una, entre 1994 y 2003, por la Universidad Católica de Chile con apoyo de Latin American International Cooperative Biodiversity Group, en plantas de zonas áridas y semiáridas, buscando nuevas drogas (compuestos medicinales) y biopesticidas. La otra fue ejecutada por el Laboratorio de Química Ecológica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, con el apoyo del Agrochemical Evaluation Unit de la Universidad de Southampton en Gran Bretaña, en el marco de un programa del British Technology Group. A partir de esta última se aisló un compuesto denominado naftoquinona, de la planta nativa chilena *Calceolaria andina*, que mostró potentes propiedades insecticidas. El descubrimiento fue patentado por el British Technology Group, y hay seis patentes sobre derivados de naftoquinona.

Nuestra flora nativa aún no ha sido prospectada en forma sistemática y a gran escala en busca de compuestos bioactivos, a pesar de ser ampliamente utilizada por comunidades locales e indígenas para fines medicinales y otros usos.

Recursos genéticos para bioenergía

Las plantas satisfacen muy poco de nuestros requerimientos de energía. Sin embargo, pueden proveernos directamente a través de simple combustión, o después de su conversión a una amplia variedad de biocombustibles, tales como bioetanol, biodiésel o biogás. Actualmente en el país hay creciente interés por el tema, debido a la crisis energética.

Para que las plantas contribuyan en forma significativa a las necesidades energéticas mundiales, deberá aumentarse enormemente la capacidad de producción. Esto implica seleccionar cultivos que tengan una alta ganancia energética, es decir, con bajos costos energéticos de producción y una alta biomasa energética producida. La mayoría de los cultivos actuales son de alta demanda energética de producción. Por ello, en una primera fase, se requiere buscar en las colecciones de



Calceolaria andina, planta chilena. Se le descubrió un compuesto con propiedades bioinsecticidas.

germoplasma de cultivos conservadas ex situ, aquellos genotipos y variedades de mayor rendimiento y calidad de biomasa energética. En una segunda fase, se requiere llevar a cabo un programa de mejoramiento, tradicional o mediante biotecnología, que use como base el germoplasma conservado y que maximice la energía neta. Las estrategias pueden incluir desde la mejora de la eficiencia de entrada y uso de nutrientes por parte de la planta, hasta la resistencia a plagas o patógenos, fijación de carbono y eficiencia en la utilización de agua.

Con el aprovechamiento de los recursos fitogenéticos mediante biotecnología, se logrará valorizaciones sostenibles, con potencial de aumentar la productividad agrícola, industrial, de mejorar la salud y nutrición, y de restaurar y proteger el medio ambiente. Esto contribuirá a convertir la ventaja comparativa de biodiversidad en una ventaja competitiva. La diversidad vegetal de nuestro país representa una excelente oportunidad para el desarrollo de nuevos productos y negocios ("Mapa de oportunidades de innovación en productos biotecnológicos botánicos", 2007; estudio solicitado por Innova Chile de CORFO y realizado por la Universidad de Santiago de Chile y Coffee Business). **Ta**